

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

(19)日本国特許庁 (JP) (2)公表特許公報 (A) (11)特許出願公報番号

特表平11-501232

(43)公表日 平成11年(1999)2月2日

(51)IntCL*	機別記号	FI
A 61 N 5/10	A 61 N 5/10	H
		S

(21)出願番号	特願平9-525073	(71)出願人 ロマ リンダ ユニヴァーシティ メディカルセンター
(66) (22)出願日 平成8年(1996)2月13日	平成9年(1997)8月15日	アメリカ合衆国 カリフォルニア州
(65) 領域変換出日	PCT/US96/01900	92354 ロマ リンダ アンダーソン ストリート 11234
(68) 国際出願番号	WO 96/25201	(72)発明者 ブリトン バリー ジー、
(67) 国際公表番号	平成8年(1996)8月22日	アメリカ合衆国 カリフォルニア州
(61)優先権主張番号 0 8/388,953	92506 リバーサイド ロックレッジド	
(32)優先日 1995年2月15日	ライフ 5034	
(33)優先権主張国 米国(US)	(74)代理人 三枝 美二 (外2名)	
(61)指定国 EP(A T, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, M, NL, PT, SE), JP, SG		

図面は省く

(54)【発明の名称】 放射線治療装置のためのビーム経路コントロール及びセキュリティシステム

(57)【要約】

本発明は、放射線治療装置におけるビームバスセキュリティのための方法及び装置に関する。システムは、放射線ビーム制御システムを監視及び制御して、放射線照射事例につながらる選択バス状態及び多量バス状態に対する保護を与える。本方法の一形態は、ビームバス構成信号と、要求されたビーム構成に対する信号とを比較して、バスの構成をチェックし、バス構成が單一であることをチェックする。コントローラのチェックは、ビーム制御システムの状態に適用される相補的ロジック電信バスを使用して行われる。オーバーヒート、過剰リシンクエラー、無断進入、多量バス状態のような可能性のあるエラー状態のいずれか1つが検出されると、ビームバス電源はディスクエアープラスされ、放射線ビームが治療室に送られることが回避される。

(55)【特許請求の範囲】

- 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択された1つに放射線を向けるための多量化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、
 - 選択された治療室からビームエスト信号を受信するステップと；
 - 該ビームエスト信号からビームバス構成信号を引き出すステップと；
 - 該選択されたビームバス構成信号に従つてスイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップと；
 - スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を投出して、スイッチヤード及びビーム伝送システム構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに伝送されるようになっていることを確認するステップと；
 - ステップ(d)に応じて放射線を前記選択された治療室に送るステップとを備えていることを特徴とする放射線セキュリティ方法。

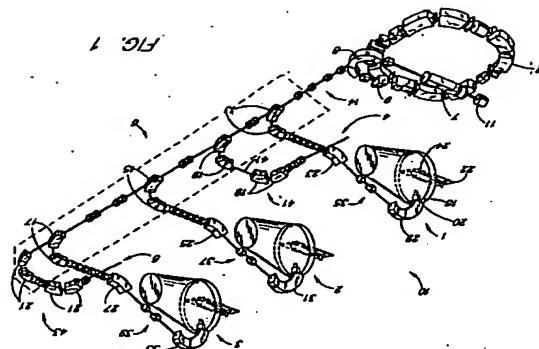
2. 前記ステップ(d)が、

(f) 前記検出ステップからスイッチヤード及びビーム

- 伝送システム構成信号を引き出すステップと；
- スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号と前記ビームバス構成信号とを比較するステップと；
- スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号と前記選択されたビームバス構成信号中にスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号の各エレメントが含まれていることを確認するステップと；
- 前記選択されたビームバス構成信号中にスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号の各エレメントが含まれていることを確認するステップとを備えていることを特徴とする請求項1記載の方法。

- ステップ(d)の確認がない場合にはビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項2記載の方法。

- 前記スイッチヤード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐えている部分の温度を検出してオーバーヒート状態を判別するステップを更に備えていることを特徴とする請求項3記載の方法。



5. 前記ビーム伝送システム及びスイッチャード内の電気負担に耐える部分に人間が接触している可能性を検

人間が接触している可能性がある場合はビームの伝送を拒否するステップと；
をさらに備えていることを特徴とする請求項4記載の方法。

6. 児長通信バスによって検出された情報を伝送するステップと；
を引き出す手段と；

(c) 前記選択されたビームバス構成信号に従ってスイッチャード及びビーム伝送

システム構成を選択する手段と；

(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチャー

ド及びビーム伝送システムの構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに

伝送するようになっていることを確認する手段と；

(e) 放射線を前記選択された治療室に送る手段とを備えていることを特徴とする

放射線セキュリティのための装置。

12. 放射線と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択

された1つに放射線を向けるための多重化されたスイッチャード及びビーム伝送

システムとを備えている放射線ビーム伝送システムにおいて、

前記多重化されたスイッチャード及びビーム伝送システムのエレメントからな

る複数のグループを備えており、各グループは他のグループとは異なる共通の機

能特性を有しており、

その他の相補的ロジック冗長通信バスによって伝送するステップと；

前記スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を相補的ロジック冗長通

信バスによって伝送するステップと；

前記スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を相補的ロジック冗長通信

バスによって伝送するステップと；

11. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択

された1つに放射線を向けるための多重化されたスイッチャード及びビーム伝送

システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、

(a) 選択された治療室からビームクエスト信号を受信する手段と；

(b) 故ビームクエスト信号からビームバス構成信号

を引き出す手段と；

(c) 前記選択されたビームバス構成信号に従ってスイッチャード及びビーム伝送

システム構成を選択する手段と；

(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチャー

ド及びビーム伝送システムの構成が放射線ビームを前記選択された治療室のみに

伝送するようになっていることを確認する手段と；

(e) 放射線を前記選択された治療室に送る手段とを備えていることを特徴とする

放射線セキュリティのための装置。

12. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、放射線ビーム治療室の選択

された1つに放射線を向けるための多重化されたスイッチャード及びビーム伝送

システムとを備えている放射線ビーム伝送システムにおいて、

前記多重化されたスイッチャード及びビーム伝送システムのエレメントからな

る複数のグループを備えており、各グループは他のグループとは異なる共通の機

能特性を有しており、

共通の機能特性を有する前記グループのそれを削除するための専用のコン

トローラを備えていることを特徴とする多面化されたスイッチャード及びビーム

伝送シ

システムを削除するための装置。

13. 前記グループの少なくとも1つはスイッチャード双極子マグネットアレイ

イを備えており、該スイッチャード双極子マグネットアレイは、前記放射線ビー

ム処置室に対する複数の放射線ビームバスの内の選択された1つに、陽子放射

線ビームを向ける専用コントローラによって、制御されることを特徴とする請求

いることを特徴とする請求項2記載の方法。

10. 前記スイッチャード及びビーム伝送システムのそれにおいて、前記スイッチャー

ード及びビーム伝送システム構成信号と前記選択されたビームバス構成信号とを

比較してビームバスエラーを判別するステップと；

前記スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号と前記選択されたビームバス構成信号とを更に備えて

いることを特徴とする請求項9記載の方法。

項1.2 記載の装置。

1.4. 前記グループの少なくとも1つは一組の双極子マグネットを備えており、該双極子マグネットは、前記複数の放射線ビームバスのそれぞれに分離されており、前記複数の放射線ビームバスの内の選択された1つに陽子放射線ビームを向ける専用コントローラによって制御されることを特徴とする請求項1.3記載の装置。

【発明の詳細な説明】

放射線治療設備のためのビーム経路
コントロール及びセキュリティシステム

発明の技術分野

本発明は一般的に放射線治療設備のコントロール及びセキュリティシステムに関する。詳細には、本発明は、陽子治療設備用のビーム経路コントロール及びセキュリティシステムに関する。特に患者、職員、及び装置に対する危険な状態を制御、検知、及び回避するためのシステムに関する。

発明の背景

今日の放射線治療は、β線、γ線、X線及び高エネルギー陽子のような数タイプの電離放射線を利用して、癌の広がりを防止及びコントロールするために悪性組織に照射されている。特に陽子ビーム治療は近年、治療技術及び設備における有効性に関する劇的に発展した。世界にある多くの電子医療システムでは、陽子加速器は元々物理的調査のために建設され、後に一部臨床試験及び治療に適用されるようになつた。しかし、陽子ビーム治療の目下の利点は専用の臨床的基礎設備の開発でよく認識

されている。そのような治療設備の1つとして、ロマリンド大学医療センター(Loma Linda University Medical Center)に設けられた設備は、多数の治療室に治療用の陽子ビームを送ることを目的として建設された。このようにすることによって、患者の処理量が増加し、高額の治療費を下げることができる。設備の概要及びその開発については、1992年発行のInt'l. J. Radiation Oncology 第22巻第2章第383ページから第389ページにJ.M.Slater等が記載した "The Proton Treatment Center at Loma Linda University Medical Center: Rationale for and Description of its Development" に記載されているので、適宜参照されたい。陽子ビーム装置及び設備のより詳細な説明は、F.T.Cole等による米国特許第4,870,287号(発明の名称: "Multi-Station Proton Beam Therapy System")に記載されているので、適宜参照されたい。

陽子放射線ビーム経路は、ビームの偏向及びフォーカスのために大きな高電界

電磁石を使用して操作する。ロマリンドの設備では、陽子ビームは一連の陽子シンクロトロンで生じ、ビーム経路によつていくつかのターゲットの内の任意の1つに伝送される。陽子放射線の照射からの保護を保証するため、ビーム経路マグネットをモニタ及びコントロールして、ビームが違う方向に向いたりタイミングがずれたりすることを防止する必要がある。この目的のため、治療室選択の確認方法が採用されている。これにより選択された所量のバスの実行がビームの供給前に確認される。選択確認の方法は米国特許5,260,581号に十分開示されているので、適宜参照されたい。このような方法においては、放射線の過誤照射からの保護が必要なことは明らかであるが、起り得るすべての危険障害状態を検出するわけがない。このようなマグネット群にはメガワットクラスの電力が必要とされることが多い、職員の接触に対する安全のために適切なセーフガードがとられなければ、設備職員に致命的な危険を与えてしまう。したがって、マグネットの配列を適切にしてタイミングも適切にすることに加えて、機械的、電気的及び温度的の破壊に対して適切な観察が行われるべきである。部品の障害が発生すると、いずれかの原因により、高電力装置はディスエーブルされ、放射線ビームはいわゆる"ビームダンプ"に向けられるべきである。これらの目標とする要求に適合させることは非常に重要な宿命であることは明らかである。

放射線治療のより広い問題において、治療のための必要な前提条件は適切な放射線照射から患者及び職員を保護することである。特に、陽子ビーム治療設備においては偶発的にビーム放射線又は伝送されること、患者及び職員の安全性に対する主な障害となる。放射線の不注意の照射は例えば、ビームのターゲットミス又は放射線ビーム伝送の不適切なタイミングによって起ることもある。それにも拘わらず、陽子ビーム治療のための要求が増し、治療設備がより複雑になるので、例えば、ロマリンド大学医療センターでは、ビーム経路の安全性にコストがかかり、ビーム経路の安全性を保証する試みが非常に重要なことがある。

(7) 説明の概要

本発明に従つた好みらしい放射線治療設備は基本的には、放射線源と、複数の放射線ビーム処置室と、及び放射線ビーム処置室のうちの選択された1つに放射線ビームを向けるための複数のスイッチヤード及びビーム伝送システムとを備えている。このような処置設備に潜在する1つの問題は、バスの誤り又は複数のバスが作動することにより、偶発的に起る放射線照射があつて得ることである。従つて、本発明の目的の1つは、偶発的な放射線照射、その他の危険状態から職員及び設備を保護することである。

本発明の1態様によれば、放射線ビームセキュリティ

方法は、選択された処置室からのビームリクエスト信号をまず受信する。ビームバス構成信号はビームリクエスト信号から引き出され、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するために使用される。スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成は、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成が選択された処置室への放射線ビーム伝送を可能とし且つ他の処置室へ伝送されないと確認するために、センシングされる。正しいシステム構成が確認されると、選択された処置室へ放射線ビーム伝送が行われる。

利用できるビームバスが複数あるので、選択されたバスがアクティブであることをチェックする必要があるが、それのみならず、他のビームバスが同時にアクティブになつていいこともチェックするが望ましい。本発明にかかる方法は、センシング処理からスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すことにより上記の確認を行つてある。スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号は選択されたビームバス構成を表す信号と比較される。この比較は、選択されたビームバス構成信号のすべてのエレメントがスイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号に含まれていることの確認が必然的に伴う。従つて、選択されたバスがアクティブである

ことが保証される。上記の比較はさらに、スイッチヤード及びビーム伝送構成信号のすべてのエレメントが、選択されたビームバス構成信号に含まれていること

との確確を必然的に伴う。従つて、他のバスがアクティブになつてないことが保証される。

バス構成のセンシングに加えて、好ましいビーム経路コントローラセキュリティシステムは、感電、装置のオーバーヒート及び通信リンク障害のような危険な他の状況から職員及び装置を保護する。センシングは好ましくは、人間が電気負担に耐える部分に接触している（感電死の危険がある）可能性を検出することも行う。さらに、センシングは、電気負荷に耐える部分によるオーバーヒートの検出も行うのが望ましい。情報と信号処理段階を感知するための冗長通信バスを設けることによって、通信障害は減少する。冗長通信バスが共通ロジックコンブリメンテーションであるときには、これらのロジック比較が通信リンク障害を判別する方法となる。

本発明他の形態によれば、放射線ビームセキュリティ用の装置は、ビームリクエスト信号を選択された処置室から受信する手段と、前記ビームリクエスト信号からビームバス構成信号を引き出す手段（例えば、デジタルシグナル通信ネットワークプロセッセサ又はローカルディジタルプロセッサ）とを備えている。前記装置は、選択されたビームバス構成信号に基づいてスイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するための手段も備えている。さらに、スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を検出して、スイッチヤード及びビーム伝送システム構成が放射線を選択された処置室のみ伝送する構成であることを確認するための手段がある。最終的には、上記の確認に対応して放射線ビームを選択された処置室に供給するための手段がある。

本発明他の形態によれば、多重化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムは、多重化されたスイッチヤード及びビーム伝送システムのエレメントを構成するための手段がある。各グループから構成され、各グループは他のグループとは異なる共通の機能特性を有している。装置はさらに、共通の機能特性を有する各グループ用の専用コントローラを備えている。好ましくは、各グループは、複数の放射線バスのそれへの放射線の伝送に関する共通の機能特性を有するエレメントで構成されている。さらに、好ましくは、各専用コントローラは、専用コントローラを備えている。この専用コントローラは、各専用コントローラ用の専用回路構成である。

ローラは選択されたビームバスのために、各機能エレメントをアクティブにするよう作動する。

図面の簡単な説明

図1は、本発明が特に適する典型的な陽子ビーム治療設備の概略的斜視図である。図2は、双極子スイッチコントロールシステムの概略化したブロック図である。

図3A及び3Bは、スイッチヤードマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。図4は、45°ガントリーマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。

図5は、135°ガントリーマグネットコントロールシステムの機能的ブロック図である。図6は、双極子スイッチコントロールシステムの基本的フローチャートである。

図7は、陽子ビームコントロールシステムの安全特性の簡略化したフローチャートである。

図8は、システムに使用されるコンプリメンタリ冗長ロジックの簡略化した概略図である。

図9は、コンプリメンタリ冗長オブティカルカプラーの概略図である。

好適な実施形態の詳細な説明

一般的に、本発明にかかるビーム経路のコントロール及びセキュリティシステムは、放射線源と放射線を方向付けすることができる複数のビーム配置とを備えている。

放射線治療設備に利用することができる。このような治療システムは、専用の米国特許第4,870,287号に十分開示されている。ここでは図1を参照しつつ概略的に説明する。

図1に描かかれているように、本発明を適用できる陽子ビーム治療システム10は、入射器9によって加速器12に接続された陽子源11を備えている。患者2は、固定ビームステーション4、又はリサーチビームステーション5等に高エネルギーが電子を運ぶビームトランスポーティメントシステム14に、陽子加速器12は接続されている。患者2は、複数の治療ステーションから選択された治療ステーション内で、一定方向に保持されている。それぞれの治療ステーション1、2、及び3において、ビームトランスポーティメントシステム14はガントリー18を備えている。ガントリー18は回転軸周りに回転してビームを伝送することにより、陽子ビームを回転軸線上で受け取り、回転軸から離れたところに陽子ビームを伝送し、陽子ビームを回転軸線に垂直で且つ交差する軌道に方向付けすることができる。又、テーブルのような患者支持台によって一定の方向に向けられて支持された患者2の内部にあるターダー・エンド点24に設けられる。このような配置によりガントリーが回転すると、陽子ビームがガントリー18によって、幾分異なる角度でターダー・エンド点24に運ばれる。

より詳細に説明すると、図示されている陽子ビーム治療システムの構成においては、恒用されている部品を用いし、組み合わせ、調整し、公知の恒電粒子ビームの伝送、加速、及び集中に関する技術に従つて微調整され、加速システム及び入射システムについて所望のパラメータ、及び性能についての仕様、パラメータを達成している。例えば、米国特許第4,870,287号の付表1、付表11、表1-11に掲げられたものを参照されたい。これらに挙げられているように、陽子源10は、4.0 keVの陽子ビームを提供するデュオラズマドロノイオン源とすることができる。ビームは、ビームを無線周波数4重極リニア加速器(Radio-Frequency Quadrupole linear accelerator) (RFQ)に合わせるためのソレノイドレンズによって焦点に集められる。RFQは、1.80度ヘンティングマグネット8及びその後の入射器9を通過できるよう陽子を1.7 MeVに加速する。入射器9は陽子ビームを加速器12に打ち込む。加速器12は、0.5秒以内に約25.0 MeVにまでビームを加速できる陽子シンクロトロンである。従つて、陽子シンクロトロンは1周あたり約900eVのエネルギーを必要とする。ビームは、水平方向によって、陽子ビームがビームトランスポーティメント装置へ投射される。シンクロトロンの詳細及びその操作は米国特許第4,870,287号により詳しく開示されている。

図示されているビームトランスポーティメントシステム14は5つのスイッチングマグネットからなるスイッチヤード6も備えている。それぞれのスイッチングマグネットには2つの状態があり、オペレータの操作によって2つの状態の間を電気的にスイッチングすることができる。例えば、第1の状態では、スイッチングマグネット13は加速器12から陽子ビームを受け取り、陽子ビームを曲げて後方のマグネットと治療ステーション1のガントリー18に運びられたビームオプティクス(beam optics)に伝送する。第2の状態ではスイッチングマグネット13は陽子ビームを通過させてスイッチングマグネット19に送り、スイッチングマグネット19が第1の状態にあれば陽子ビームを曲げて定常ビーム治療ステーション内のコンバーネントに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット19も第2の状態にあれば、スイッチングマグネット19は陽子ビームをスイッチングマグネット15に通す。スイッチングマグネット13と同様に、

スイッチングマグネット15も第1の状態にあるとには陽子ビームを曲げて治療ステーション2のガントリー18に陽子ビームを伝送するマグネット及びビームオプティクスに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット15は第2の状態にあると陽子ビームを通過させてスイッチングマグネット17に送り、スイッチングマグネット17が第1の状態にあれば陽子ビームを曲げて治療ステーション3のガントリー18に運びするマグネット及びビームオプティクスに陽子ビームを伝送する。スイッチングマグネット17が第2の状態にあれば、スイッチングマグネット17は陽子ビームを通過させ、陽子ビームを曲げてリサーチステーション5に向けるためのマグネット21に陽子ビームを伝送する。

上述のように、ビームトランスポートシステム14は、スイッチヤード6と、治験ステーション1から3及びステーション4、5につながるビームトランスポート装置とを備えている。図1に示されているように、スイッチヤード6は、スイッチマグネット13、15、17、19、21及び中間4重極マグネットを備えている。ビームは加速器12を通過すると4つの4重極を通してスイッチングマグネット13に向けられる。スイッチングマグネット13の複数的な機能については上述の通りである。

る。すべてのスイッチングマグネット実質的には同じ構造であり、その機能及び制御も実質的には同じものである。従って、スイッチングマグネット13についてのみより詳細に説明する。スイッチングマグネット13はSY45マグネットとも呼ばれる45°ペンディングマグネットを適用できる。SY45マグネットは、一定の運動量（エネルギー）を持つ陽子のビームを45°曲げる電磁石として構成されている。マグネットのコイル電流は陽子の運動量に対応して必要とされる電流に正確に制御される。マグネットにあまりエネルギーが供給されていない時には陽子はマグネットのヨークに設けられたホールを通して後段の通路されたSY45に向けて直進する。マグネットの制御は(1)直流電源をオンにすると共にデジタル化された電流を伝送する接触器を電源に取り付け規定期流に調節できる電源を必要とするか、(1)接触器を閉めて電源をオフにすることのいずれかによって達成される。制御は、制御コンピュータが電源インターフェイスにデジタルコマンドを出力することから始まる（これについては後述する。）。SY45マグネット13、15、17、19、21の構造、機能、及び制御は実質的には同じである。ここで開示されているように、信号パワーユニットはSY45マグネットの間でビーム形成リクエスト信号に対応してスイッチングされる。

4.5°ガントリーベンディングマグネット23、25、及び27は、治験ステーション1、2、及び3にそれぞれ設けられているガントリー1-8の適位機のビームバス上に配置されている。45°ガントリーベンディングマグネット23

、25、及び27はエネルギーが供給された時に陽子ビームを45°曲げるようにな設計されている。G45とも呼ばれるガントリーマグネット23、25、及び27は、実質的に同じ構造であり、機能及び制御も実質的には同じである。これは、信号パワーユニットによって制御される。電力はG45マグネット間は好ましくは信号パワーユニットによって制御される。電力はG45マグネット間でビームリミクエスト信号に対応してスイッチングされる。

図1から明らかのように、G45マグネット23、25、27の各々は各自段ステーションのガントリー1-8の付近に設けられたバス35、37、及び39に沿うように陽子ビームを偏向させる。ビームバス35、37、及び39は、それぞれ135°ガントリーベンディングマグネット29、31、及び33（G135マグネットとも呼ばぶ）に陽子ビームを伝送する。G135マグネットは、陽子ビームを135°で偏向し、ガントリー1-8に設けられたビームデリバリシステム20にビームを伝送する。G135マグネット29、31、及び33の構造、機能、及び制御

は実質的には同じである。これらは好ましくはビーム形成信号に対応してG135マグネットの間でスイッチングされる1つの電源によって給電される。以下の説明は双極子スイッチ制御システムの基本的設計概念及び段階が開示されている。さらに所定の性能を得るための好ましい仕様と一般的な必要条件も開示されている。

A. 基本的制御構造

陽子ビームの偏向及び制御システムを構成する電磁石アレイは図2に示されているような構成で制御される。一般的に、スイッチャード及び偏向マグネットの配列は制御システムに多量化される。マグネットの制御は様々なビームバスに対応した機能、制御、及び位置について分類される。この形式でビーム経路マグネットを多量化することは単純で費用に対して効率がよく、しかも安全にビームの形成及び制御を行うことができる。図2に示されているように、陽子ビーム制御システムは基本的に双極子スイッチコントローラ（Dipole Switch Controller）DSC60に接続された制御用コンピュータ52を備えている。DSC60はモニタシステム及び制御システムの中央部として機能する。DSC60は双極子スイッチ及び電源のインターフェイスA54、B56、及びC58に接続さ

れている。インターフェイスA5・4は電源A6・2に接続されており、電源A6・2は双極子スイッチA7・2によってスイッチングされる出力部を備えている。双極子スイッチは一般的にできるだけ多くの接続に高電流信号を割り当てることができるものである。双極子スイッチは、例えば、高電流の入力を複数の出力接続部のいずれか1つに割り当てる複数のシリコン制御整流器(SCR)で構成することができる。同様に、インターフェイスB5・6は電源B6・4及び双極子スイッチB7・4に接続されおり、インターフェイスC5・8は双極子スイッチC7・6に接続された電源C6・6に接続されている。電源A6・2、6・4及びB6・6と、対応する各双極子スイッチ7・2、7・4及び7・6は所定の形式及び機能のマグネットが同一の電源によって別々に給電されるようにスイッチング及び動作する構成とされる。例えば、電源A6・2は、双極子スイッチA7・2の選択によりスイッチヤードマグネット1・3、1・5、1・7、1・9、及び2・1のうちの任意の1つにエネルギーを供給するよう構成されている。同様に、電源B6・4は、双極子スイッチB7・4の選択により4・5°ガントリーマグネット2・3、2・5、及び2・7のうちの任意の1つにエネルギーを供給している。さらに、1・3°ガントリーマグネット2・9、3・1、及びトリマグネット2・9、3・1、及び

3・3は電源C6・6及び双極子スイッチC7・6によって給電及び制御される。ピームリクエストは制御コンピュータ5・2によって与えられ、インターフェイス5・1を介して双極子スイッチコントローラに伝送される。双極子スイッチコントローラ6・0は、ピームリクエストアドレスを、選択された双極子スイッチの位置を示すデジタルコマンド信号にエンコードする。スイッチ命令はインターフェイス5・4、5・6及び5・8を介して伝送される。指示は電源及びスイッチの両方に伝えられ、スイッチは予め選択された方向に接続され、各電源はイネーブルされる。

前述の形式におけるピーム経路マグネットの方向及び操作は有益である。なぜなら、各々の陽子ピームに対して実質的に同じ動きをするピーム経路マグネットには実質的に同じ操作状況が要求されることが多いからである。例えば、一般的に45°スイッチヤードマグネットは、同様な操作電力を必要とする。従って、電源5・2は45°スイッチヤードマグネットのうちの任意の1つに給電する。同様にして、電源6・4は45°ガントリーマグネットの内の任意の1つに給電し、電源6・6は135°ガントリーマグネットの内の任意の1つに給電する。構成を多面化することにより、治療設備が必要とされる非常に高額な電源の数を減らすことができる。第2に、上述の多重化構成によればモニタ及び制御に必要となる部品の数を減らすことができる。これによると、バス1から5(35から42)は様々なスイッチ位置にデコードされ、双極子スイッチ7・2、7・4、及び7・6に対する所置のスイッチ位置を同時に選択することによってバスが選択される。例えば、バス3・5は、マグネット1A(1・3)、1B(2・3)及び1C(2・9)を組み合わせるように、双極子スイッチ7・2、7・4、及び7・6に対するスイッチ位置を選択することができる。双極子スイッチは大電流をスイッチング及び維持できるようになる。これらは、好ましくはシリコン制御整流器(SCR)で構成される。SCRの構成及び動作は大電力機器の分野ではなく知られている。

B. ユニトロールシステムの操作的要領

双極子スイッチコントロールシステムは、ユーザー又はコンピュータ制御監視台からの陽子ビーム操縦コマンドを機械語に翻訳してシリコン整流器(SCR)に伝送する。SCRは、種々のマグネット用電源から種々の双極子マグネットへ電流を流す。SCRは、ビームを複数の伝送可能領域のうちのいずれか1つに向ける。双極子スイッチコントロールシステムを設計する際にまず考慮すべきことは安全性である。一番優先すべきことは治療エリアの中及びその周囲における職員の保護であり、第2に優先することは設備自体を不適切な操作状況又は破壊的操業状況から保護することである。この開示により明らかにするように、これらの優先事項は、予想される多くの危険に対して十分な安全性を提供するシステム及び関連するハードウェアによって達成される。従って、図2に関して説明したように設定されたバスを選択することに加えて、センサー及び動作のネットワークが部品及びシステムの障害を検知するために機能する。双極子マグネット、

双極子スイッチ、電源、及び通信線に関するすべての状態情報は、図2の両方向矢印で概略的に示されているように、通信線5.3、5.5、5.7によって双極子スイッチコントローラ(DSC 6.0)に伝送される。

図3から図5により詳細に示されているように、双極子スイッチコントローラシステムの本実施態は、システムに起りうるあらゆるエラーを検知できるよう設計されたシステム監視ネットワークを構成している。このようなエラーが発生すると、双極子スイッチコントローラシステムはマネット用電源をディスエーブルし、ビーム経路部品に障害が発生したときに、陽子ビームが伝送されることを防止する。スイッチヤードマグネット

の制御に関する機能的部分を説明する図3Aから説明すると、システムの中央部は、図2に示すように、システムコンピュータ5.2、DSC 6.0、電源6.2、及び双極子スイッチ7.2を備えている。DSC 6.0及びコンピュータ5.2の間の2方向通信リンク6.1は、バス選択信号、状態信号及び非常シャットダウン信号を通す。制御コンピュータ5.2はDSC 6.0及び選択確認ボード(SVB 7.0)との通信のために両者に接続されている。選択確認ボード(SVB 7.0)については、米国特許第5,260,581号に開示されており、ここでは適宜参照する。DSC 6.0は通信リンク7.1を介して双極子スイッチの状態情報をSVB 7.0に供給し、今度はSVB 7.0がスイッチの状態情報の解析に基づいてセーフティインターロック信号を提供する。DSC 6.0とビーム経路部品との間の基本的な通信は双極子スイッチインターフェイス5.4及び電源コントロールインターフェイス5.9を介して行われる。図3Aにより詳細に示されているように、図2の2方向通信リンク5.3は、DSC 6.0と、双極子スイッチインターフェイス5.4、電源コントロールインターフェイス5.9、双極子スイッチ7.2、及び双極子マグネットのそれぞれとの間で通信される信号で構成される。前述のように、DSC 6.0はビームバス形成信号を双極子スイッチ

信号又はストローブ信号により構成される。双極子スイッチの状態は双極子スイッチ7.2ないの各SCR(図示せず)に配置された電流、電圧モニタによってモニタされる。これらの電流及び電圧は、それぞれSCRの電流、電圧を示す信号8.3及び8.4としてDSC 6.0に供給される。SCRは、好ましくは、オーバーヒートの可能性を示す信号8.8をDSC 6.0に出力する温度センサを備えている。DSC 6.0は、好ましくは、通信中に起こるエラー状況を示すバス選択エラー信号及びバリティエラー信号をも受信する。

バスの選択過程及び状態を示す信号に関して、DSC 6.0は通信リンク9.0を介して、電源コントロールインターフェイス5.9に電源をディスエーブル又はエネルギー供給するために信号を与える。バスの選択が(DSCによって)実行され、(SVPによって)確認されると、出力インターフェイス5.9に信号がインターフェイス5.9に伝送される。多くの障害状況の内いずれか1つが検出されると、インターロック信号が伝送され、電源がディスエーブルされる。電源コントロールインターフェイス5.9は通信リンク9.0を介して現在電力を供給していることをSVDに示す

出力状

態信号を戻す。非常事態には、3つの電源すべてをディスエーブルするシャットトリップ信号によってシャットダウンが実行される。さらに、DSC 6.0は電源接続器信号及びゲート信号からなる状態信号を電源から受け取る。

図2に示すように、双極子スイッチ7.2はSCR配列によって構成されている。図3Aに示されているように、SCRスイッチは、電源6.2によって供給された電力を、太線1.01、1.02、1.03、1.04及び1.05で示された複数のバス電源バスの内のいずれか1つに流す。バス電流バス1.01、1.02、1.03、1.04、及び1.05は図3B上に示されているマグネットに繋がっている。従って、電源からの電流はバス1から5のいずれかに流され、バスのそれぞれが図3Bに示されている各双極子マグネットに繋がっている。マグネットは共通のリターンバス1.00を共有している。電流バス1.00から1.05はスイッチヤードマグネットのいずれか1つに必要とされるエネルギーの電流を運ぶ。

例えば、ビームバスアドレス信号、アドレスパリティ信号、バスインターフェイス1.00から1.05は高電流をマグネットに流すので、オーバーヒートの可能

性が問題となり、そのため、図3Aに示されているバス温度センサ106が駆けられる。温度情報は、DSCブレイクアウト78によってDSC60のエラー検出回路にバス温度信号として供給される。双極子マ

グネットもそれぞれ温度センサを備えており、図3Bでは温度センサ107、108、109、110、及び111で示されている。マグネット温度情報はマグネット温度信号としてDSCブレイクアウト78に供給される。起こり得るオーバーヒートに対する別の保護として、電流の流れているマグネットに対する冷却剤の流量を感知する冷却流皿モニタを備えている。冷却流皿モニタの信号は流出口センサ信号としてDSC60に供給される。また、操作時においては、電員はスイッチヤードマグネットエリアのような潜在的に危険なエリアへの進入を禁止される。このようなエリアへの無断進入はドリンクロック95で感知され、ドリンクロック95はDSC60に供給される信号を出力する。バス温度、マグネット温度及び流皿センサ情報はDSCブレイクアウトPCB78として普及したDSC60の一部に供給される。DSCブレイクアウトPCB78からのコマンドはリンク97を介してDSC60の主要部に供給され、バス温度、マグネット温度、流皿センサ、及び無断進入情報を含む多くの障害状況のいずれか1つを報告する。これらのエラーに対応して、DSC60は電源をディスエーブルするインターロック信号を電源インターフェイス59に送る。

図3A及び図3Bと実質的に類似しているが、図4は

双極子スイッチコントローラ60と、バス1から3に繋がる45°ガントリーマグネットの制御に関する部品との間の関係を示す機能ブロック図である。図3A及び図3Bに示された45°スイッチヤードマグネットのための状態及び制御システムと同様に、45°ガントリーマグネットは双極子スイッチコントローラ60によって制御及びモニタされる。操作時には、双極子スイッチコントローラ60はアドレス信号、ハリティ信号及びインターロック信号をスイッチインターフェイスに供給し、スイッチインターフェイスは電力を電源64から適切なバスバス113、114、又は115に供給するように双極子スイッチに指示する。双極子

スイッチ74のSRHは、電流信号83及び電圧信号84によってモニタされる。電源64は上述のように電流バスの実行が確認され次第イネーブルされる。温度エラー、通信エラー又はバス選択エラーが発生すると、電源64をディスエーブルするインターロック信号が電源インターフェイス68から送られる。

図4に既述的に描かれた機能的部品及び関係と同様に、図5は135°ガントリーマグネットコントロール及びモニタシステムに関する類似部品を示している。

- DSC60は双極子スイッチインターフェイス58及び電源インターフェイス68の両者との通信のためにこれらに接続されている。スイッチインターフェイス及び電源インターフェイス68はそれぞれ双極子スイッチ76及び電源66と通信する。双極子スイッチ76は、電流バス121、122、及び123を介して、電力を電源66から複数の135°ガントリーマグネットの内の任意の1つに送るよう接続されている。135°ガントリーマグネットは共通のリターンバス124を共有している。温度センサ125は電流バス121から124のそれぞれに接続されている。さらに、マグネット温度センサ126は135°ガントリーマグネット29、31、及び33に接続されている。

図5に示されているシステムの操作は図3及び図4に示されているシステムの操作と類似している。スイッチインターフェイス58はDSC60からバスアドレス信号とバス選択信号を受け取ってデコードし、さらにその情報を双極子スイッチ76に伝える。選択された双極子スイッチ位置に対応するバス選択が確認されると、電源インターフェル信号が電源66に供給される。DSC60に与えられる状態信号は、双極子スイッチ、電流バス、及びマグネットからの温度センサ信号と、ある種の検出回路及び相補的冗長ロジックチェック（後述する）からの通信エラー信号とを含む。スイッチの状態は、双極子スイッチの各SRHに関する電流及び電圧情報を伝える双極子スイッチセンサ信号83及び84によって伝えられる。温度センサ信号とその他のエラー感知信号は、DSCブレイクアウトPCB78を介してDSC60に供給される。信号の内のがれか1つがアクティブになると、DSC60はセイフティインターロック信号を通じてシステムの一部又は全部のシャットダウ

ンを開始する。

好適なビーム経路コントロールシステムの基本的な実施形態の簡単なフローチャートが図6に示されている。リモート又はローカルプロセスコントロール1.30により、ユーザーはバスリクエストアクション1.32を行う。バスリクエストアクション1.32は、図2、3、4及び5に示したように、エンコードされたバスアドレス信号及びバスリクエスト信号をDSC6.0に伝送することにより行う。バスリクエスト信号はDSC6.0に受け取られ、処理ブロック1.34で、ビームバス0から5に対応する個々のスイッチ位置のアドレスにデコードされる。バス0はヌルバスを示し、バス1から5は図1に示すように総線的に示されたバスに対応している。DSC6.0に受信されデコードされたバスリクエスト信号は、判別ブロック1.36で示すようにエラー及び状態のチェックを開始する。エラー状況がある場合には、バスリクエストはバスリクエスト相手ブロック1.38に行きすべてのスイッチをそのままにして処理ブロック1.40の状態チェックを行う。システム状態及びエラー状況がユーザーに届き、これによって、処理ブロック1.42及び1.44で示される適切なアクション及びセット機能が実行される。エラー状況から始めて双極子スイッチコントローラがリセットされると、ユーザーは上述のようなバスリクエストを再び自由に出すことができるようになる。状態のチェック及びエラーのブロック1.36に戻って、もしエラーがない場合には、バスリクエストはバス選択処理ブロック1.46に進み、適切な双極子スイッチの配置が各双極子スイッチインターフェイス及び慣り/マルチバスエラー検出器1.62に送られる。スイッチが選択されると、双極子スイッチのSCRから出たスイッチ状態情報を誤り/マルチバス検出器1.62に送られる。バスエラーが検出されない場合には、電力を双極子マグネットに送ることを許可するコマンドが電力マニーフル/ディスエーブル処理に送られる。これは電源1.50から双極子スイッチ1.48を介して双極子マグネット1.52に送り込む矢印で示されている。バスエラーが検出された場合には、信号は電力インプル機能1.66を除去して

マグネットがバワーアップすることを防ぐエラー判別器1.64に送られる。マルチバス及び慣りバスの検出に加えて、他のセーフガードとしてビット状態モニタリングがある。セーフティインターロックは後段のガントリーエリアのいずれかに進入するとトリガされる。無断進入状態が検出されると、信号がエラー及び状態判別器1.64に伝され、これが非常電源シャットダウン機能1.66をトリガし、これによって、適切なマグネット電力供給が禁止される。さらに、上述のように双極子マグネット電流バスの位置及び双極子スイッチに設けられた温度センサ1.56はオーバーヒート検出器に情報を供給する。もしオーバーヒート状態になると、電源インターフェイスエラー及びバスアドレスパリティとを比較することによってモニタリングされている。エラーがある場合には、以後のバス選択は中止される。選択エラー状況ではさらに、適切な電力供給もディスエーブルされる。

C. 身体保護の必要条件

典型的な陽子ビーム治療設備の操作中においては、人体に対する2つの脅威が存在すると考えられている。1つ目はターゲットミス又はタイミングミスで伝送された信号は中止される。選択エラー状況ではさらに、適切な電力供給もディスエーブルされる。

本発明の双極子スイッチコントロールシステムは誤った又は複数のビームバスがアクティブになることに対するセーフガードを提供する。複数のバス又は間違ったバスがアクティブになるのを防止するため、双極子スイッチ7.2、7.4、7.6に設けられている各SCRには別々に電流及び電圧センサが取り付けられている。電流及び電圧センサは、双極子スイッチコントロールシステムの各SCRの状態を決定するために使用される。SCRスイッチの特性が、電気ノイズ又は疑似バルスによって誤ってオン状態になつたり、予期せずにオフになつたりするかもしれない。このようなことはビームが誤ったバス又は複数のバスに伝送されることに繋がる。双極子スイッチコントロールシステムの好ましい実施形態は、図7A及

び7 Bの簡略化したフローダイヤグラムに示されているように、双極子スイッチの選択された状態と、選択バスに対する双極子スイッチの状態とを連続的に比喩することによって、誤ったバス及び複数のバスがアクティブになることを防止している。まず、図7 Aを参照して、バス選択及び複数の処理がバスリクエスト17 0により始まる。典型的には治験室の1つにいるオペレータによってコンピュータ制御のもとに開始される。バスリクエストは図7 Aの処理ブロック17 2で示されるように各双極子スイッチの状態に対する一組のデジタル信号にコードされる。第1の判別処理ブロック17 4では、さらに現在のバスがアクティブかどうかを考慮してバスリクエストの拒否が決定される。もしバスが電流的にアクティブであれば、ブロック18 0で示されているように、バスリクエストは拒否され、処理制御は処理ブロック18 2で示されている停止／リセットルーチンに進む。どのバスも電流的にアクティブでない場合には、職員及び患者に危険な種々の障害状況に応じて、判別ブロック17 6でバスリクエストの拒否が決定される。判別ブロック17 6で例えば、致死的な電力が使用されているエリザベス椅子の進入があった場合には、ブロック17 8で示されているようにバス障害状況となる。ブロック17 8で示されるように、設備のユーザーはロックアウト又は特定のバスが選択されないようにすることができる。もし障害状況があると決定された場合には、バスリクエストは拒否され、処理は上述のように停止／リセットルーチンへ進む。障害がなかったときには、処理ブロック18 4で示されているようにバスが選択される。選択は例えば、適切な電気信号を各双極子スイッチに送ることにより行われる。バス選択情報はシステムのモニタリング用としてブロック17 3で示されている状態バッファにも送られ、治験中における他のバスリクエストを阻止する。

上述のSCR電流電圧センサは各SCRの状態をモニタする。センサからの情報は処理ブロック18 6で表現され、スイッチ状態バッファ18 8に進み、電流1及び電圧Vの両方の情報を示す。双極子スイッチの各SCRの電流及び電圧状態は、処

理ブロック17 3でロジックとしてのANDがとられて、どのスイッチがアクティブなのが決定される。処理ブロック27 3からの情報はどのSCRスイッチがアクティブなのかを示し、正しいバスの決定用として後段に進む。同様に、各SCRの電流及び電圧状態は、処理ブロック17 1に示されているように、ロジックとしてのORがとられてどのSCRが選択しているのかを決定する。この情報は誤ったバス又は複数のバス状態を決定するために使用される。図7 Bを参照して、処理ブロック17 1によって判別された導通状態のSCR配列は処理ブロック17 5で所望のバスと比較され、正しいバスのみがアクティブでありその他のバスはアクティブにならないことが確認される。処理ブロック17 3で示されたアクティブ状態のSCRは処理ブロック17 7で所望のバスと比較され、陽子の流れが計可される前に必要なマグネットのすべてに始電されていることが確認される。後者の操作は、選択確認の方針として普及される。この選択確認は本実施形態においては、双極子スイッチコントローラとの通信を維持したまま実行される。ここで開示されている双極子スイッチコントロールシステムは、米国特許第5,260,581号(適宜参照されたい。)に開示されている選択確認処理の動作と相似的な動作を行うことを認識されたい。特に、選択及び確認の方法は、陽子の伝送がイネーブルされる前に所望のビーム配置が構成されるということを保証する。換言すれば、この好適なスイッチコントロールシステムはスイッチ状態の操作を行って、所望のスイッチ以外のスイッチがアクティブにならないことを保証する。さらに、ここに開示された双極子スイッチコントロールシステムは、誤り若しくは多重エラーが発生したときに双極子マグネット電源のようなビーム伝送部品が給電することをティースエーブルする。従つて、この好適な実施形態は選択確認処理と相俟つて所望のバスが選択されしかも所望のバスのみが選択されることを保証するように動作する。

処理ブロック17 5及び17 4からの情報は、それぞれ判別ブロック18 3及び18 1を通る。判別ブロック18 3では、多重バスのチェックが行われる。バス障害

が検出されないとときは、イネーブル信号は処理ブロック185に進む。同様に、判別ブロック181では正しいバスのチェックが行われ、対応するイネーブル信号は処理ブロック185に送られる。処理ブロック185は、AND論理で構成され、正しいバスが選択され且つ多量バスがない場合に、ビームイネーブル信号がアクティブになる。ビームイネーブル信号は判別ブロック187に進む。判別ブロック187は、障害判別処理で構成される。判別ブロック187で障害が検出されなければ、処理ブロック189で陽子ビームはイネーブルされる。一方、種々の障害状態の内の一つかがある場合、例えば、誤ったバス若しくは複数のバス選択、スイッチ温度19.2、マグネット温度19.4、ビット進入19.6、又はインターフェイスエラー19.8がある場合には、処理ブロック190に示されているように、陽子ビームリクエストは拒否される。

SCRは電流が流れると電流が流れると判別されたオン状態を持続する特性を有するので、DSRは先の選択バスに電流が流れると選択を許可しない。好ましくは、判別のしきい値よりも低い残留電流を常にとすことができるよう、タイムディレイ回路を設ける。ディレタイムは、典型的には約8秒である。すべての電流及び電圧センサがオフとなるが、他の2つのスイッチはオフにならない。クリクソンは好ましくはDSSから光学的に隔離されている。任意の双子子スイッチ温度センサの作動によりすべての双子子スイッチ及び電源がオフになるが、他のスイッチに接続された部分のバスはそのままであり、オフになつたスイッチに選択するバス以外のバスはディスエーブルされない。温度障害は、SCRが冷却されリセット信号によってラッチがクリアされるまで、ラッチされる。

各ビームバス及び始終エリアには1又は2以上の非常シャットダウン"マッシュルーム"スイッチが設けられている。これらのスイッチはいずれも機械的及び電気的にラッチされる。スイッチの作動により、障害が除去されるまでバスが遮断されないようになっている。シャットダウンが要求されたときにバスがアクティブであるときは、バスの供給をオフラインにするために、電源インターロック障害が確認される。障害はスイッチが機械的に復帰するまで、若しくはラッチがコンピュータバスはローカルリセットによりクリアされる。ビーム伝送システムのある部分のテスト又はメンテナンスを可能にするため、各バスにはマニュアルロックアウトスイッチが設けられている。このスイッチを操作することにより、スイッチをノーマルポジションに戻すまでローカルスイッチ及び

リモートスイッチの両方を殺すことができる。問題となっているバスだけがディスクープルされ、他のバスは使用できる。

高電力装置との偶然的接触を防止するために、双子子スイッチは電源の匂いの内部に配置され、供給アクセスインターロックスシステムから保護される。ビット安全群

可を転送するとそのビットに隣接するガントリーバスは選択されない。障害はリモートリセット又はローカルリセットにより許可が復帰し且つラッチがクリアされるまで、ラッチされる。

D. 設備保護の必要性

双子子スイッチ及び双子子マグネットの主な障害は、過電流又は冷却不良によつて生じる過度の熱であると考えられる。本実施形態では、双子子スイッチ内には、スイッチ7に5つ、スイッチ74及び76のそれぞれに3つずつで計11個のSCRがある。各SCRには1又は2以上の温度感知スイッチ、好ましくはクリクソン（商標）タイプ（Klixon type）の温度感知スイッチが取り付けられている。それぞれの双子子スイッチ内のクリクソンは好ましくは直列に結線され、SCRがオーバーヒートするとスイッチがオフになるが、他の2つのスイッチはオフにならない。クリクソンは好ましくはDSSから光学的に隔離されている。任意の双子子スイッチ温度センサの作動によりすべての双子子スイッチ及び電源がオフになるが、他のスイッチに接続された部分のバスはそのままであり、オフになつたスイッチに選択するバス以外のバスはディスエーブルされない。温度障害は、SCRが冷却されリセット信号によってラッチがクリアされるまで、ラッチされる。

双子子マグネットの熱損傷を防止するために、ビーム伝送システムの各双子子マグネットには、1又は2以上のクリクソンスイッチが取り付けられている。マグネットクリクソンはバス及び双子子スイッチに応じて2通りに分類される。スイッチ72上のバス1（ガントリー1）の2つの45°マグネットのためのクリクソンは直列に結線され、スイッチ74上のバス1の2つの45°マグネットも

同様に結線され、スイッチ7 6のマグネットも同様に結線される。温度スイッチのいずれかが閉くと、そのマグネットに開通する電源及び双極子スイッチのみがディスエーブルされ、他はそのままにされる。従って、そのバス上の他のマグネット（もししあれば）は作動し続ける。固定ビーム専用バス（バス4）及び測定専用バス（バス5）のみが、マグネットクリクリンの作動によって全面的にディスエーブルされる。これらのバスのすべてのマグネットは、スイッチ7 2及び電源6 2によって給電されるからである。クリクリンは好ましくはDSC 6 0から光学的に隔離される。双極子マグネット温度センサが作動すると、マグネットに給電する電源をディスエーブルするよう電源インターロック回路が働く。開通するバス内の他のマグネット又は電源は影響を受けない。

障害は、アクセス違反が除去され且つコンピュータ又はローカルリセットによってラッチがクリアされるまで、ラッチされる。DSC内には5つまでの流量センサスイッチの入力に対して供給があり、さらに重複して安全性を確保できる。流量障害は、影響のあるバスについてビット安全違反と同様のロジック効果を有する。

E. 信頼性の必要条件

DSC設計のさらにはましい整様は、フェイルセイフ機能、テスト機能、及び全状態の報告機能を有している。すべてのDSC入出力回路はフェイルセイフで設計されている。これは通信線の1カ所の障害であってもDSCによって検出されずにエラー状況が進行することはないということを意味する。有線通信システムにおいてもっとも起こりやすい障害には、通常、コネクタが合わなくなったり、異常ストレスによる絶路破壊や、挿入媒体の切断又は挿耗によるショート、コネクタピンの腐食等、物理システム自身の機械的劣化がある。予防的安全ガードは、信号が欠落すると自動的にエラー状況をDSCに示すように設計された制御及びエラーレポート信号を有している。図8に示されているように、フェイルセイフ通信リンクの機械的な機能表示は、ゲート動作を有しており、データ信号は相浦ロジックによってゲートされる。デジタルデータ信号

2 0 0 は、相補的なユニティゲート2 0 2 及び2 0 4 に並列に供給される。ユニティゲート2 0 2 のアウトプット2 0 1は、インプットデータ2 0 0 に等しい。ユニティコンプリメント2 0 4 は、入力信号2 0 0 に対して補集合となる信号2 0 3 を発生させる。信号2 0 1及び2 0 3 は非地的論理和ゲートのようないロジックゲート2 1 0 に供給される。ロジックゲート2 1 0 はリンク状態信号2 0 5 を発生させる。リンク状態2 0 5 がハイであれば、リンクは使用できるようになり、リンク状態2 0 5 がローであれば、リンクは障害を有する。上述のコンプリメンタリ冗長ロジックは、温度スイッチ、電流及び電圧センサのような单一通信リンク等、種々のミス感知信号配置に適用することができ、これにより通信を冗長にさせることができ。この手法は、バス選択、マルチバス若しくは既つたバスの検出、オーバーヒートの検出、及び通信検出のような自己診断装置において作動する他の相補的信号を発生させるために使用することもできる。図8に示されているようなコンプリメンタリ冗長ロジックの実行及び使用により、潜在的な单一通信ミスを回避できる。それらは、また種々の機能レベルで冗長な自己診断機能をもたらし、コスト的に有利な方法でシステムの信頼性を向上する。

上述のコンプリメンタリ冗長機能特性は、好適にはフォルトクリティカルセシオンリンクの信頼性を高めるために適用することができます。例えば、電気及び熱センサリンクのような障害クリティカル信号にデュアルオブティカルアイソレータを採用する。図9に示されているように、センサ等により発生したデータ信号2 1 1は、識別信号2 2 3 及びコントリメント信号2 2 5 を発生させる。信号2 2 0 及び2 2 2 に送られる。信号2 2 3 及びそのコントリメント2 2 5 はデータリンク2 2 4 に送られる。インプット信号2 2 3 及び2 3 5 は好ましくはデータリンクの出力が反対の極性となるようにしてデータリンク2 2 4 に別々に接続される。このため、1の出力がハイ状態であれば、他の出力はロー状態になり、すべての入力の組み合わせに対して相補的な信号を発生する。データリンク2 2 4 から出したコンプリメンタリ信号2 2 7 及び2 2 9 はロジックゲート2 2 8 に供給される。ロジックゲート2 2 8 の出力信号2 3 5 はリンク状態信号として働く。データ信号2 3 3 及びコンプリメント2 3 1は、さらなる信頼性及び状態モニタリン

グのために真面目に編集された他のDSOオペレーションへ進む。

DSOアドレスラインのように"摩耗"状態(後述する)がない信号に特別な工具検出回路が使用される。この

回路構成は、部分的または全面的な通信障害を検出し報告することができる。さらに、ドマルガン等価パラレル回路がサーマルバスに使用される。これがなければ電気部品の1点障害が潜在的な致命的な状態を隠すことを防げるシステムの冗長さが存在しなくなる。

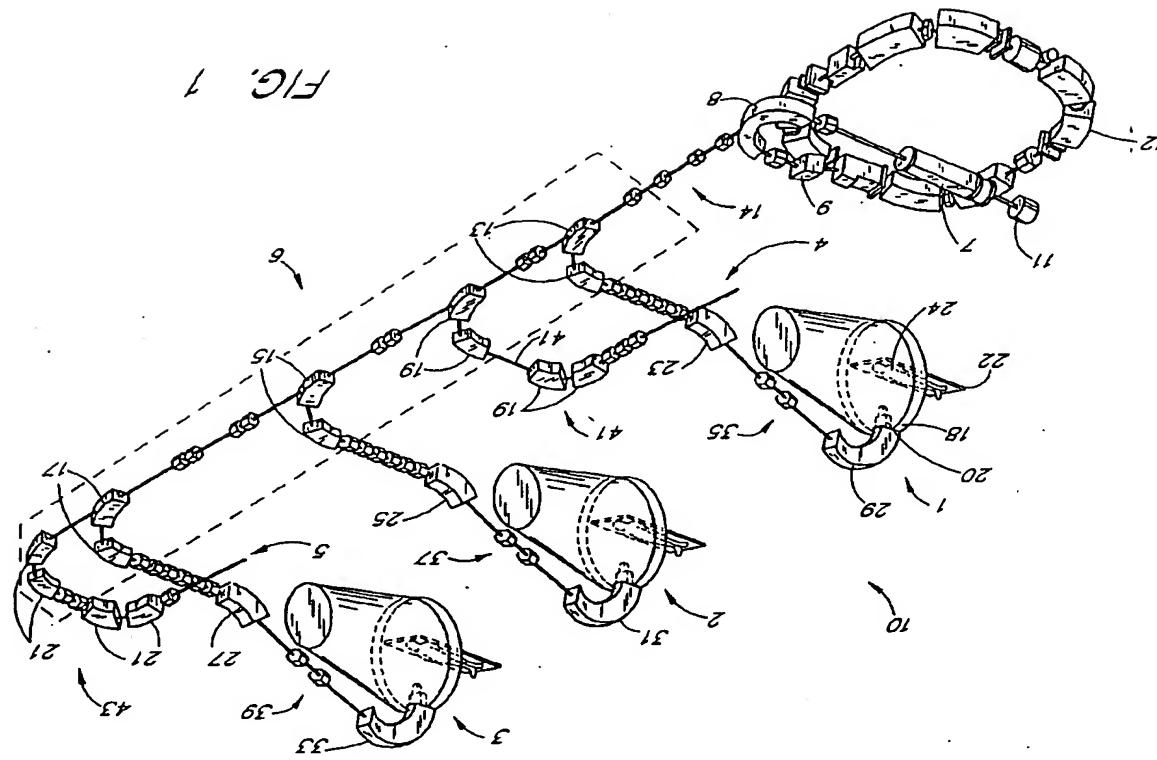
DSOのすべての入力回路は、コンピュータ制御のもとに自己診断するためにオープンされる通常のクローズドリーコンタクトを少なくとも1つ備えている。自己診断ができることは、デバッガ処理において非常に価値があり、電源投入ルーチン及び日常又は使用前テストプログラムに組み込まれたときには、サーフェサイクリティカルボードの信頼性を確立する点において重要な場所となる。この目的のために、好みしくは、将来の拡張のために用意される追加リレーと共に、30個の4重極ダブルスローリレーが使用される。DSOボードに対するすべての入力は状態ピットとしてホストコンピュータに利用できる。本実施形態においては、全部で140ビットの状態情報を利用できる。これらのビットの内の8ビットは主要な障害を示し、連続的に利用できる。2次の状態を示す残りの132ビットは、ホストの制御下で8ビットごとに1バイトとして多重化される。将来の拡張のために別の数ビットが用意されている。すべてのエラー情報はDS

0でラッチされ、オペレータ又は中央コンピュータの障害分析プログラムによるチェックのためにホールドされる。状態の部分集合は発光ダイオード(LED)によってDSOのフロントパネル上に表示される。

本発明は、その思想及び本質的特徴から離れない他の形態で実施することもできる。上述の実施形態はすべての点において單に説明したものであり、本発明を制限するものではないと理解されたい。従つて、本発明の思想は、上述の説明によつてではなく、添付の請求の範囲によつて示されるものである。請求の範囲と等価な意味及び範囲内においてなされるあらゆる変更は、本発明の思想に包含さ

れるべきものである。

[図11]



[図2]

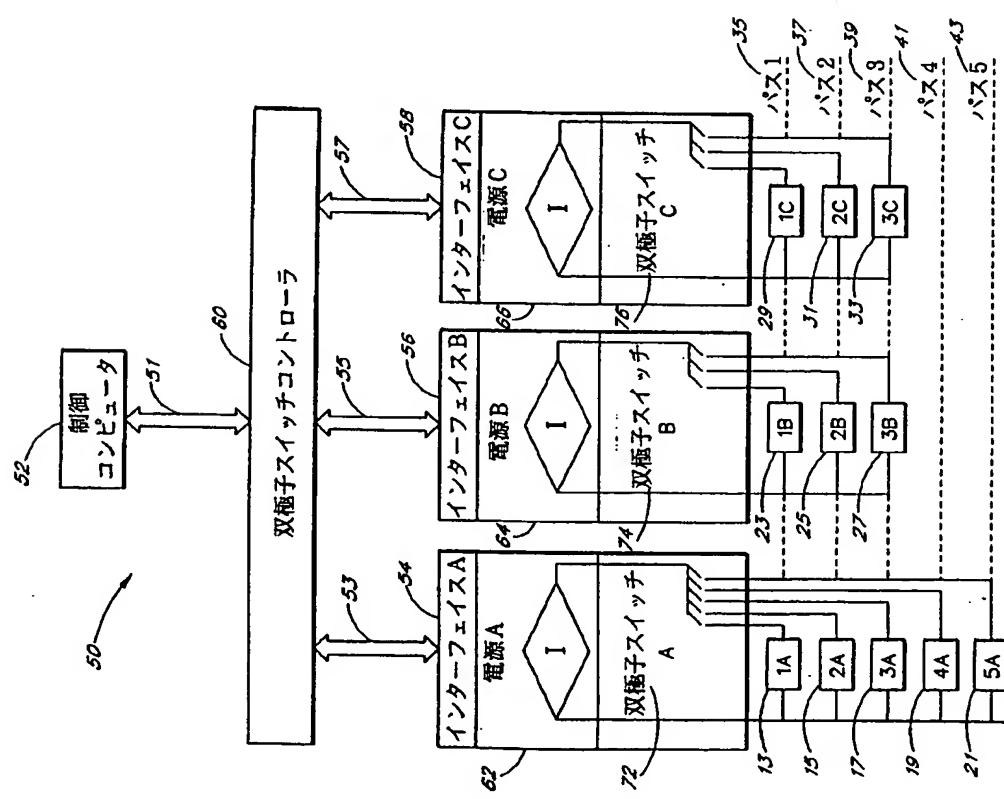
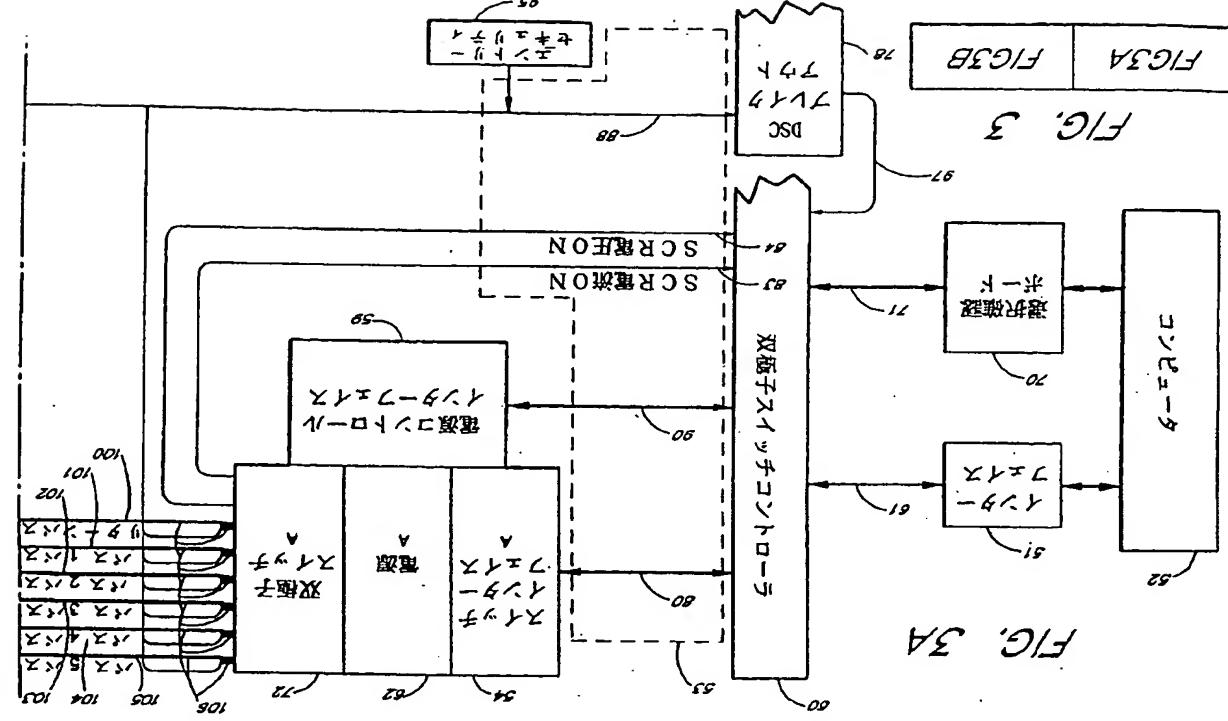
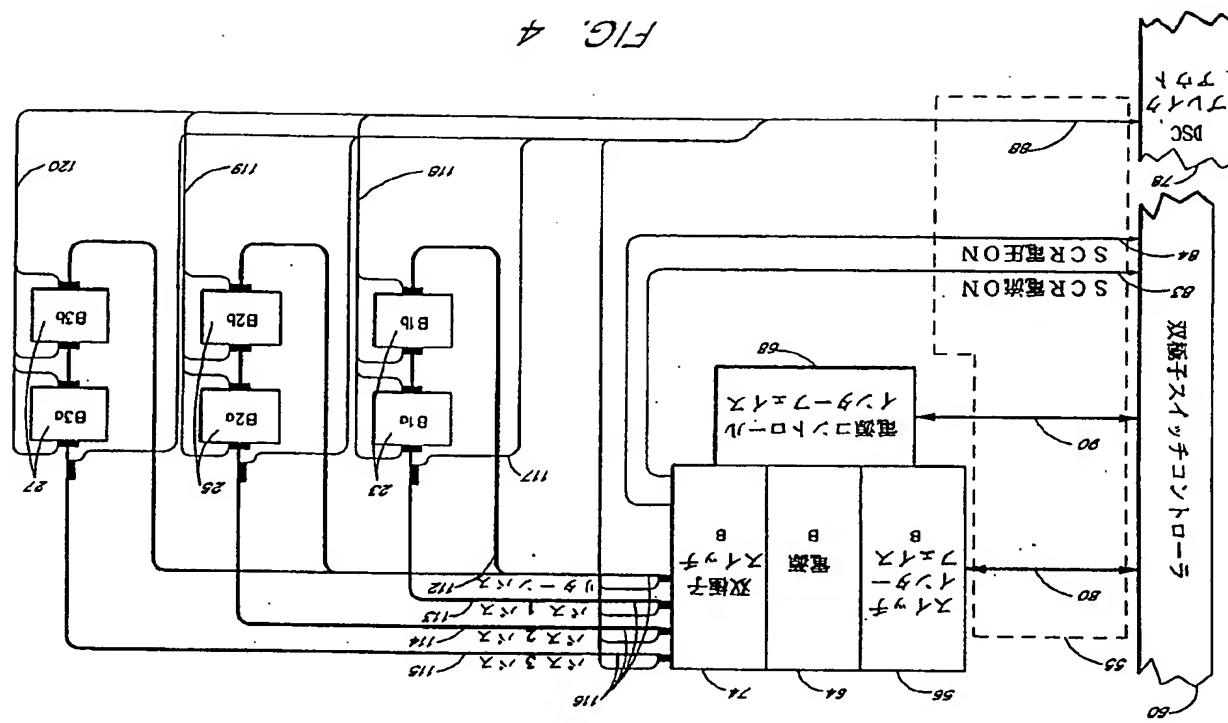


FIG. 2

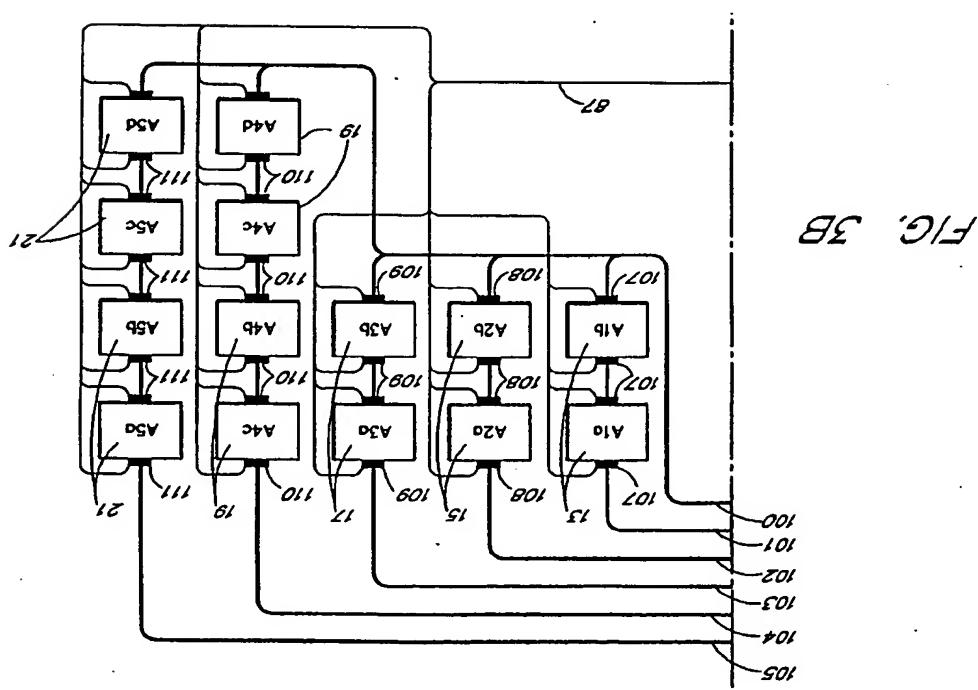
[図3]



[図4]



[図3]



[四六]

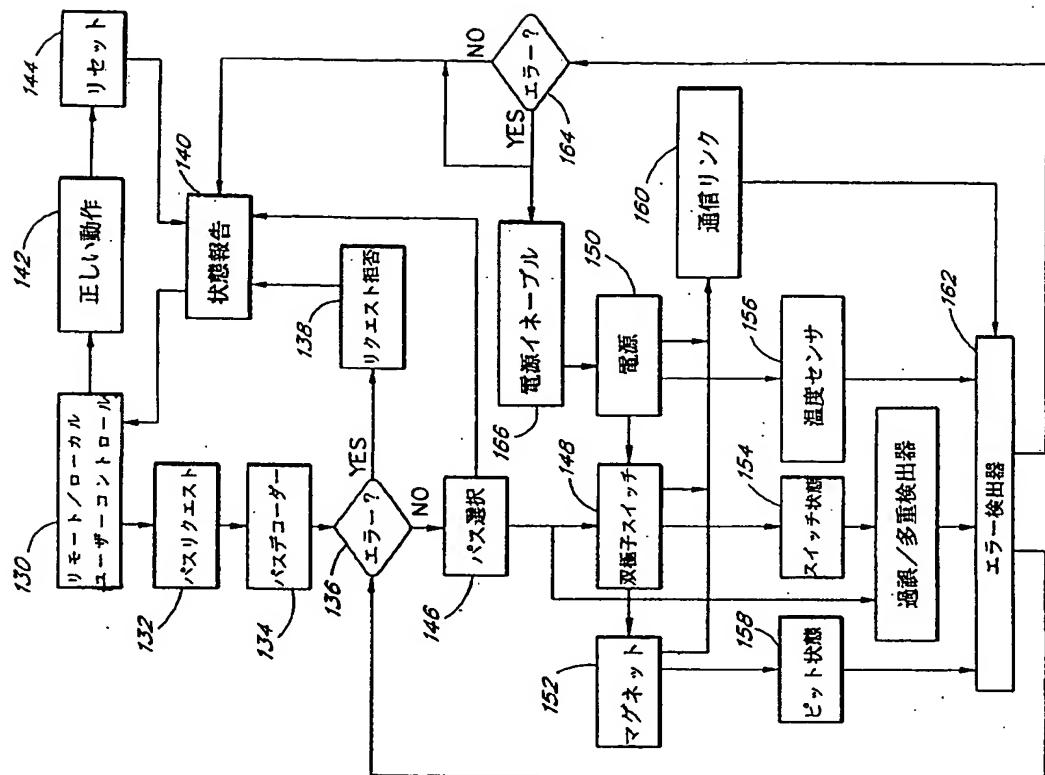
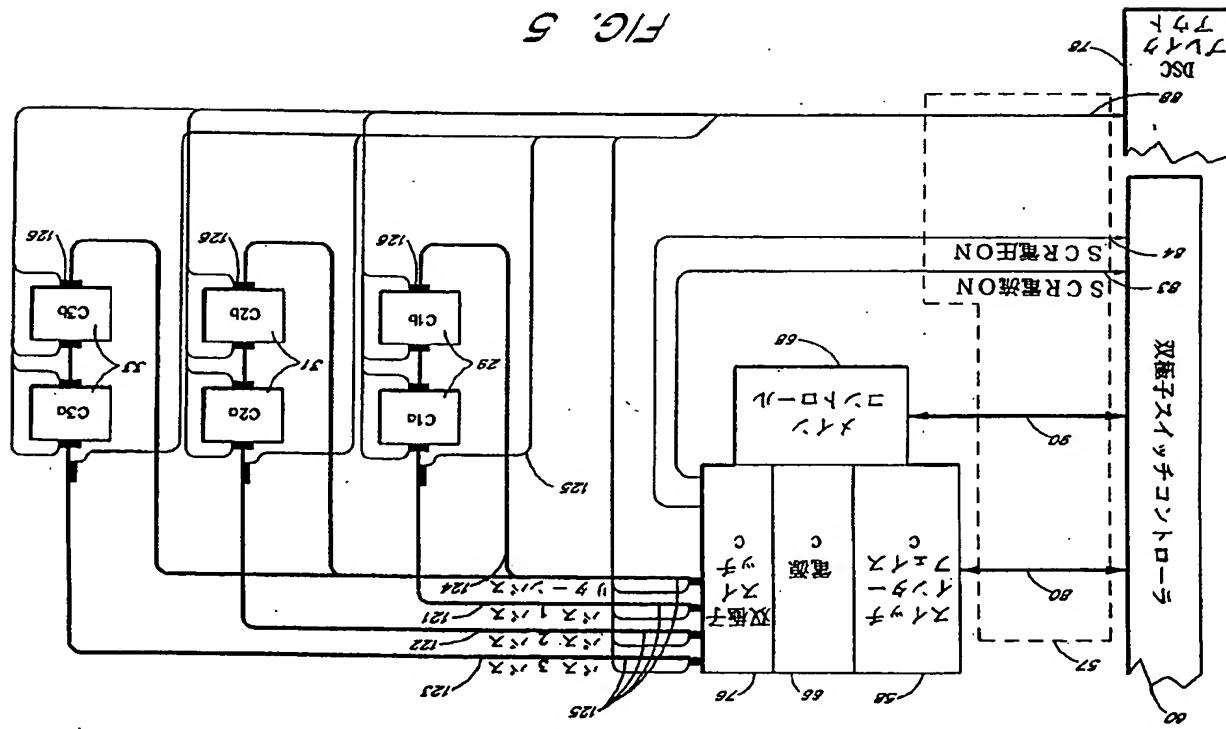


FIG. 5

FIG. 6

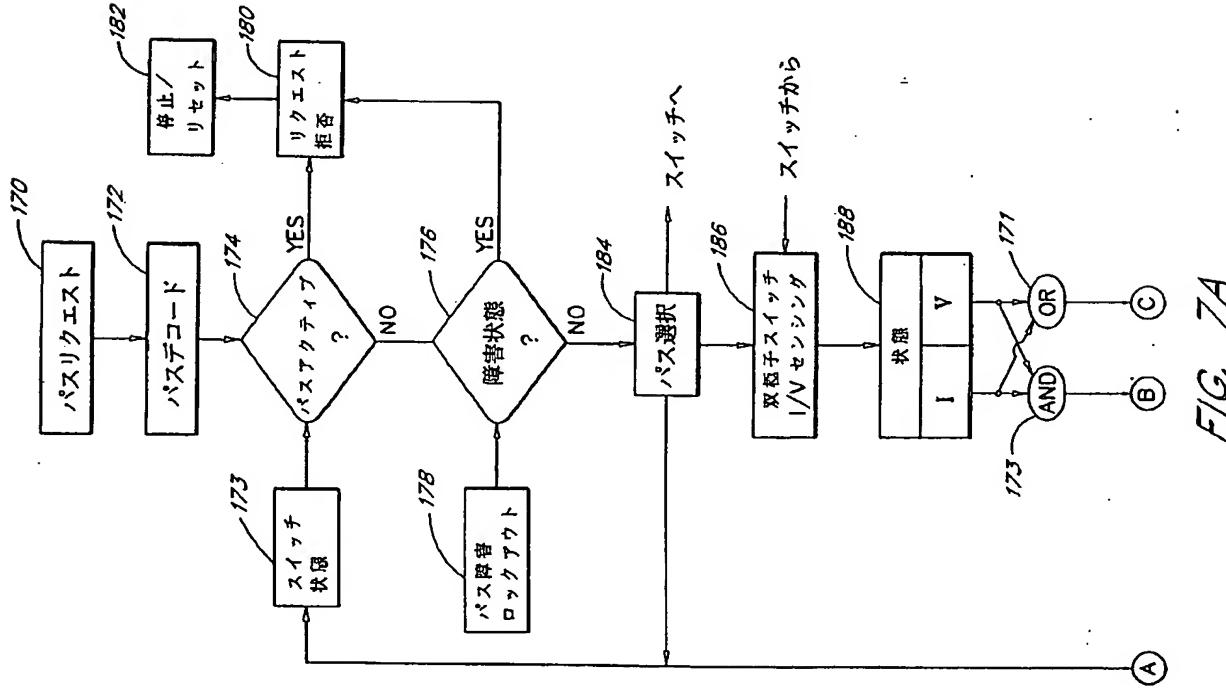
(35)

51



(37)

[四七]



(38)

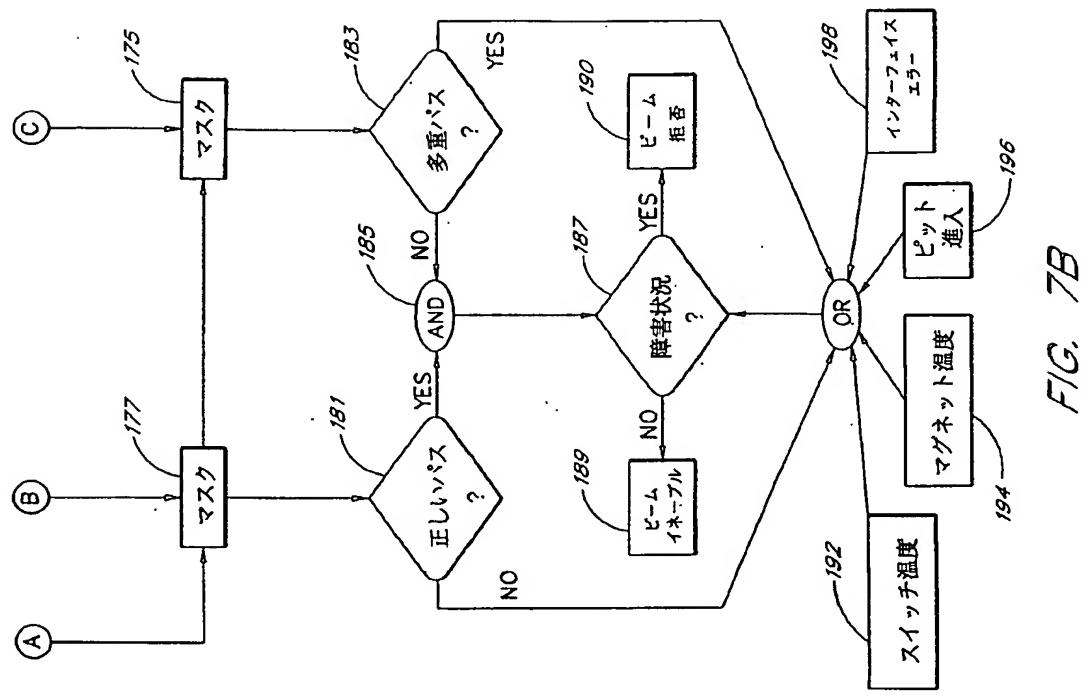


FIG. 8

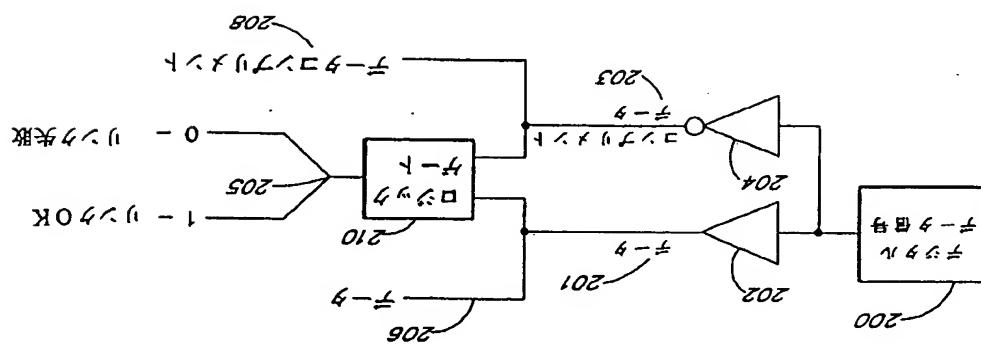
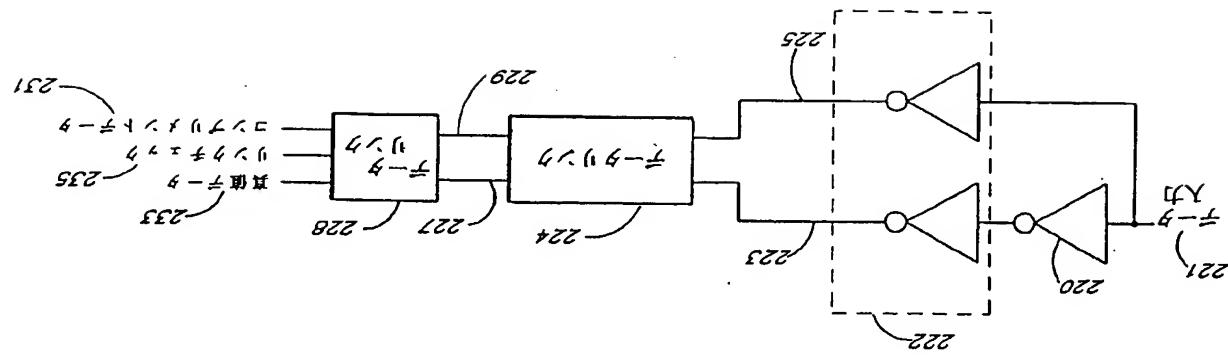


FIG. 9



【手続補正書】

【提出日】1998年1月6日

【補正内容】

請求の範囲

- 放射線源と、複数の放射線治療室と、前記放射線源を前記複数の放射線治療室に接続する複数のバスとを備えている放射線ビーム治療システムのための放射線ビームセキュリティを提供する装置であつて、
第1の状態及び第2の状態を有する複数のスイッチと、
該複数のスイッチの状態を示す信号を出力する複数のセンサと、
該複数のセンサからの信号を受信すると共に、所望のビームバスを示す信号を受信するスイッチコントローラとを備えており、
前記複数のスイッチは1又は2以上のスイッチのうちのそれぞれが第1の状態にあるときには、前記放射線を前記複数のバスのうちの1つに向け、
前記スイッチコントローラは、(1)所望のバスに対する複数のスイッチからなる一組が第1の状態にあることを前記複数のセンサが示したときに、放射線ビームを所望のバスに対するスイッチセット以外のスイッチセットに含まれる複数のスイッチが第2の状態にあることを前記複数のセンサが示したときに、放射線ビームを所望のビームバスに沿わせて、前記放射線ビームを前記放射線治療室に伝送するようになされており、
前記スイッチコントローラは、所望のバスに沿ってビームが伝送されている間、前記複数のセンサからの信号をモニタし、前記スイッチコントローラは、所望のビームバスに対するスイッチセット以外のスイッチセットに含まれる1又は2以上のスイッチが第1の状態にあることを、前記複数のセンサが示すときには、ビームの伝送を停止するようになされていることを特徴とする装置。
- 前記スイッチコントローラは、所望のビームバスに対応するスイッチセットに含まれる1又は2以上のスイッチが第2の状態にあることを前記複数のセンサが示すときには、ビームの伝送を停止するようになされていることを特徴とする装置。

- 前記放射線ビームは電子放射線ビームで構成され、前記複数のスイッチは第

- 1の位置と第2の位置とを有するスイッチングマグネットからなり、スイッチングマグネットは第1の位置にあるときには前記複数のバスの内の1つに沿うように電子ビームを送ることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 前記装置は、更に複数のマグネットに対応する複数の双極子スイッチを備えており、該複数の双極子スイッチのそれぞれは、第1の位置と第2の位置を有しており、スイッチングマグネットに始電してスイッチングマグネットの第1の位置と第2の位置とを変えることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 複数のセンサが前記複数の双極子スイッチの状態を検出することを特徴とする請求項4に記載の装置。
- 前記複数の双極子スイッチはSCRスイッチからなることを特徴とする請求項5に記載の装置。
- 前記装置は、更に治療室からのビームリクエスト信号を受信し且つ所望のビームバスを示すスイッチコントローラへ信号を出力する中央コンピュータを備えていることを特徴とする請求項1に記載の装置。
- 前記中央コンピュータは、所望のビームバスを示すスイッチコントローラへ信号を出力する前に、ビームリクエスト信号がエラー状態であるか否かを判別することを特徴とする請求項7に記載の装置。
- 前記中央コンピュータは、同時に2以上のビーム治療室に放射線ビームを向けるようになつてゐる場合には、ビームリクエスト信号がエラー状態であると判別し、ビームリクエスト信号がエラー状態である場合には、前記中央コンピュータは、所望のバスを示すスイッチコントローラへ信号を送信しないことを特徴とする請求項7に記載の装置。
- 前記複数のセンサのうちの1又は2以上のセンサは、オーバーヒート状態を判別するため、スイッチヤード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分の温度も検出し、前記中央コンピュータは、電気負荷に耐える部分の温度

を検出するための前記センサから信号を受信し、オーバーヒート状態にある場合には、前記中央コンピュータがビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項7に記載の装置。

11. 前記複数のセンサのうちの1又は2以上のセンサは、前記スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性をも検出し、前記中央コンピュータは、人間が接触している可能性を検出する前記センサからの信号を受信し、人間が接触している場合には、前記中央コンピュータがビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項10に記載の装置。

12. 放射線源と、複数の放射線ビーム治療室と、選択されたビームバスを介して放射線ビーム治療室の内の選択された1つに放射線を向けるための複数のビームバスからなる多量化されたスイッチャード及びビーム伝送システムとを備えている放射線ビーム治療システムにおいて、

(a) 選択された治療室からビームリクエスト信号を受信するステップと；

(b) 選択された治療室へのビームバスであって放射線ビーム用に選択されたビームバスを示すビームリクエスト信号からビームバス構成信号を導き出すステップと；

(c) 選択されたビームバス構成信号に従つてスイッチャード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップと；

(d) スイッチャード及びビーム伝送システムの構成を検出して、(i)スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記選択されたビームバスを介して、放射線ビームを前記選択された治療室に送る構成であること、及び(ii)スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、複数のビームバスのうちの選択されないビームバスを介してビームが伝送されることがないような構成であることを確認するステップと；

(e) ステップ(d)に依じて放射線ビームを前記選択された治療室に送るステップと；

(f) 放射線が、前記選択された治療室に伝送されている間、前記スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性を検出し、

ド及びビーム伝送システムの構成を検出するステップと；

(g) (i) 前記スイッチャード及びビーム伝送システムの構成が、前記複数のビームバスのうちの選択されていないビームバスを介して放射線ビームを伝送する構成が、前記選択された治療室にビームを伝送しない構成となっていることのいすれかを検出したときは、前記選択された治療室へのビームの伝送を中断するステップとを備えていることを特徴とする放射線ビームセキュリティ方法。

13. 前記ステップ(d)が、

前記検出ステップからスイッチャード及びビーム伝送システム構成信号を引き出すステップと；

スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号と前記ビームバス構成信号とを比較するステップと；

スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号中に、ビームバス構成信号の全てのエレメントが含まれていることを確認するステップと、

前記選択されたビームバス構成信号中に、スイッチャード及びビーム伝送システム構成信号の全てのエレメントが含まれていることを確認することを備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

14. ステップ(d)の確認が行われていない場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項13に記載の方法。

15. スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分の温度を検出して、オーバーヒート状態を判別し、

オーバーヒート状態である場合にはビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

16. スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性を検出し、

人間が接触している場合には、ビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項12に記載の方法。

17. 検出された情報を相補型ロジックの冗長通信バスで伝送し、

アと；

(f) 放射線が、前記選択された治療室に伝送されている間、前記スイッチャード及びビーム伝送システム内の電気負荷に耐える部分に人間が接触している可能性を検出し、

人間が接触している可能性を検出し、

！

アと；

前記相補型ロジック冗長通信バスを比較して通信リンク障害を判別し、通信リンク障害がある場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項12に記載の方法。

18. 選択されたビームバスの構成を、相補型ロジック冗長通信バスによつて伝送し、

スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を、相補型ロジック冗長通信バスによつて伝送し、

モザイクの相補型ロジック冗長通信バスを比較して、通信リンク障害を判別し

通信リンク障害がある場合には、ビームの伝送を拒否するステップを更に備えていることを特徴とする請求項17に記載の方法。

19. 前記相補型ロジック冗長通信バスの各々において、スイッチヤード及びビーム伝送システム構成信号と選択されたバスの構成信号とを比較してビームバスエラーを判別し、

ビームバスエラーがある場合には、ビームの伝送を拒否することを特徴とする請求項18に記載の方法。

20. スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を選択するステップは、治験ビームを構成のバスに沿わせるためのスイッチ群のうち選択された一组を、前記ビームリクエスト信号に対応して第1の状態にするステップを備えており、これにより、前記治験ビームが、複数のバスのうちの選択されたバスを通つて選択されたビーム治療室へ向けられることを特徴とする請求項12に記載の方法。

21. スイッチヤード及びビーム伝送システムの構成を検出するステップは、選択された一组に属するスイッチ以外のスイッチが、前記複数のバスの1つにビームを向けるものでないことを確認するステップとを備えていることを特徴とする請求項20に記載の方法。

22. 選択された一组に属するスイッチ以外のスイッチの状態を検出する前記

ステップは、選択された一组に属するスイッチ以外のスイッチが第1の状態にあらかじめかを検出するものであり、

前記中断ステップは、選択された一组に属するスイッチ以外のスイッチの1又は2以上が第1の状態にあることが検出されると、ビームの伝送を中断するものであることを特徴とする請求項21に記載の方法。

〔国際検査報告〕

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Appl'n No.

PCT/US 96/01980

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Appl'n No.

PCT/US 96/01980

		Patient document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0586152	09/03/94	BR-A- 9303106 CA-A- 2104256 CH-A- 1990515 JP-A- 6170004	29-03-94 22-03-94 18-08-94 21-06-94			
WO-A-8805321	28-07-88	US-A- 4827491 EP-A- 6343274 JP-T- 1502401	02-05-89 13-12-89 24-08-89			
WO-A-9429882	22-12-94	EP-A- 8702839	27-03-96			
WO-A-9501207	12-01-95	US-A- 5440133	08-08-95			
US-A-5266081	09-11-93	NONE				

Form PCT/ISA/216 (General) (as of March 1997)

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		Int'l Appl'n No.	
IPC 6		PCT/US 96/01980	
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classifications and IPC			
National classification searched (classification system followed by examiners' symbols)			
IPC 6 ASIN 621K			
Information searched other than pertinent documents to the extent that such documents are indicated in the search report			
Extrinsic data has controlled during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)			
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT			
Category* Character of document, with indication, where appropriate, of the relevant portion		Reference to claim No.	
X	EP-A 9 586 152 (THE HONOS CORPORATION) 9 March 1994 see column 24, line 37 - line 52; claim 1	1-3,11, 12-13	
A	WO-A-88 05321 (NEW YORK UNIVERSITY) 28 July 1988 see page 9, line 19 - page 12, line 12	1	
A	WO-A-94 29682 (WISCONSIN ALUMNI) RESEARCH FOUNDATION) 22 December 1994 see page 14, line 20 - page 15, line 29	1	
A	WO-A-95 01207 (HOOVERS) 12 January 1995 see page 2, line 11 - line 19	1	
A	US-A-5 260 581 (LESYNA) 9 November 1993 cited in the application see the whole document	1,11,12	
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.			
* Type of response of cited documents : 'A' - Document defining the technical state of the art which is not considered to be of particular relevance 'E' - Cited document, but not defining the technical state of the art or the international filing date 'U' - Document which may throw doubt on priority claim(s) or which is used to establish the priority date of another document 'O' - Document referring to an earlier document, i.e., a reference or cited document published prior to the international filing date but later than the priority date of the claimed document 'P' - Document containing a statement of the same patent family Date of the actual completion of the international search			
28 May 1996		Date of mailing of the international search report 07.06.96	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P. O. Box Patentian 2 NL - 2200 HV Rijswijk, Tel. (010) 30 200, Tel. (010) 611 00 00 Fax. (010) 30 200 500		Authorized officer Taccoen, J-F	

Form PCT/ISA/216 (General) (as of March 1997)

フロントページの焼き

(12)発明者 レーシー デイヴィッド エー、
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
93333 レッドランド ミルズ アベニュー
— 1310

(12)発明者 スラター ジョン ダグラシー、
アメリカ合衆国 カリフォルニア州
93333 レッドランド エス、クローブ
アベニュー 945